

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 30 APR 2003

WIPO

PCT

X2

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen:

102 18 179.9

Anmeldetag:

24. April 2002

Anmelder/Inhaber:

DaimlerChrysler AG,
Stuttgart/DE

Bezeichnung:

Verfahren und Einrichtung zum Schweißen von
Werkstücken

IPC:

B 23 K 33/00

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 03. April 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident

Im Auftrag

Faust

DaimlerChrysler AG

Thoms
17.04.02Verfahren und Einrichtung zum Schweißen von Werkstücken

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Schweißen von Werkstücken gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1, und eine Einrichtung zum Schweißen von Werkstücken gemäß Oberbegriff des Anspruchs 12.

Verfahren und Einrichtungen der hier angesprochenen Art sind aus der DE 42 19 549 C2 bekannt. Bei den bekannten Schweißverfahren wird während des Schweißprozesses ein Spalt zwischen den beschichteten Werkstücken erzeugt, aus dem beim Schweißen auftretende Dämpfe austreten können. Bei der Verwendung von kontinuierlicher Laserstrahlung zum Schweißen der Werkstücke wird der Spalt während des Schweißvorgangs dauerhaft aufrecht erhalten, während er bei gepulster Strahlung nur während der Wechselwirkung des Laserpulses mit den Werkstücken vorhanden ist. Hierzu wird mindestens eines der Werkstücke mittels eines Schwingungsgebers in Schwingung versetzt. Es hat sich gezeigt, dass sich dabei die Spalthöhe nur unzureichend genau einstellen lässt, was jedoch beim Laserschweißen von beschichteten Werkstücken erforderlich ist, da eine zu geringe Spalthöhe zu einem Schmelzauswurf und eine zu große Spalthöhe zu einer Naht- beziehungsweise Wurzelunterwölbung führen kann, wobei die Spalttoleranz relativ gering ist.

Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, bei dem die Spalthöhe mit hoher Genauigkeit reproduzierbar einstellbar ist, ohne dass dazu eines der Werkstücke mit als Abstandshalter dienende Formmerkmale versehen werden muss. Ein weiteres Ziel der

Erfindung ist es, eine Einrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, mittels derer das erfindungsgemäße Verfahren durchführbar ist.

- 5 Zur Lösung der Aufgabe wird ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 vorgeschlagen. Es sieht vor, dass mindestens eines der zu verschweißenden Werkstücke relativ gegenüber dem anderen Werkstück bewegt wird, um abwechselnd einen Nullspalt (Spalthöhe gleich Null) und einen in seiner Höhe einstellbaren
- 10 Ausgasungsspalt zum Entweichen der beim Schweißvorgang auftretenden Gase und Dämpfe zu erzeugen. Das Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass die Relativbewegung zwischen den Werkstücken kraftgesteuert und/oder weggesteuert ist. Die Bewegung erfolgt also -anders als bei dem bekannten Verfahren-
- 15 sehr kontrolliert, so dass die Höhe des Ausgasungsspalts exakt, das heißt innerhalb eines kleinen Toleranzbereichs eingestellt werden kann. Dadurch können Schmelzauswürfe, wie sie bei einer zu geringen Höhe des Ausgasungsspalts auftreten, und Naht- beziehungsweise Wurzelunterwölbung, die häufig bei einer zu
- 20 großen Höhe des Ausgasungsspalts auftritt, sicher verhindert werden.

In bevorzugter Ausführungsform des Verfahrens erfolgt die Kraft-Weg-Steuerung in der Art, dass zur Erzeugung des technischen Nullspalts die Relativbewegung zwischen den Werkstücken kraftgesteuert ist, und dass zur Erzeugung eines Ausgasungsspalts mit vorgegebener Höhe die Relativbewegung zwischen den Werkstücken weggesteuert ist. Wenn also während des Schweißprozesses lediglich eines der Werkstücke relativ

30 gegenüber dem anderen Werkstück bewegt wird, dann wird in einem ersten Schritt zur Ausbildung des technischen Nullspalts dieses Werkstück gegen das andere Werkstück gepresst, wobei die Anpresskraft soweit erhöht wird, bis sie einen gewünschten, einstellbaren Wert (F_{ziel}) erreicht. Vorzugsweise wird hierzu

35 mindestens ein in Richtung auf die Werkstücke und in entgegengesetzter Richtung verlagerbares Anpresselement

eingesetzt, dessen auf das Werkstück beziehungsweise die Werkstücke ausgeübte Kraft sensorisch erfasst wird und daher exakt einstellbar ist. Den Weg, den das Anpresselement zurücklegt, bis die Anpresskraft den gewünschten Wert (F_{ziel}) erreicht, hat in dieser Phase des Schweißprozesses keinen Einfluss auf die Steuerung der Relativbewegung zwischen den Werkstücken.

Nachdem der technische Nullspalt zwischen den Werkstücken hergestellt und eine bestimmte, vorgebbare Zeitdauer beibehalten wurde, wird in einem zweiten Schritt das Anpresselement um eine vorgebbare beziehungsweise vorgegebene Wegstrecke Δz , die der gewünschten Höhe des Ausgasungsspalts entspricht, zurückgezogen. Dabei erfolgt nach einer ersten Ausführungsvariante, bei der das Anpresselement direkt oder über mindestens ein Übertragungselement kraft- und/oder formschlüssig mit dem Werkstück verbunden ist, eine Mitnahme des mit dem Anpresselement zusammenwirkenden Werkstücks unter Ausbildung des Ausgasungsspalts. Nach einer besonders bevorzugten, zweiten Ausführungsvariante wird der Ausgasungsspalt dadurch erzeugt, dass nachdem das Anpresselement zurückgezogen wurde beziehungsweise beim Zurückziehen des Anpresselements, das im ersten Schritt elastisch verformte Werkstück sich aufgrund seiner federelastischen Eigenschaften selbsttätig zurückstellt/-verformt. Dabei legt es sich an das in der zurückgezogenen Position angeordnete Anpresselement an. Bei der zweiten Ausführungsvariante muss sichergestellt werden, dass der Weg, um den das Anpresselement von der Schweißstelle zurückgezogen wird, nur so groß ist, dass das Werkstück auch soweit zurückfedert, damit es in Anlage mit dem in der zurückgezogenen Position angeordneten Anpresselement kommt. Ansonsten wäre die Höhe des Ausgasungsspalts nicht definiert. Hilfsweise könnten hier Spreizmittel eingesetzt werden, die in den Spalt eingreifen und auseinander gefahren werden, wodurch das mit dem Anpresselement zusammenwirkende Werkstück an das in der

zurückgezogenen Position angeordnete Anpresselement angelegt wird. Hilfsweise können auch Saugsysteme das Anlegen gewährleisten.

- 5 Sofern nur ein verlagerbares Anpresselement eingesetzt wird, um -wie vorstehend beschrieben- abwechselnd einen Nullspalt und einen Ausgasungsspalt zwischen den Werkstücken zu erzeugen, ist das andere Werkstück, das nicht mit dem Anpresselement unmittelbar in Kontakt kommt, in einer fixen, während des
- 10 Schweißprozesses nahezu gleichbleibenden Position anzuordnen. Die Relativbewegung zwischen den Werkstücken erfolgt hier also im Wesentlichen durch eine Bewegung des mit dem Anpresselement zusammenwirkenden Werkstücks.
- 15 Nach einer anderen Ausführungsvariante des Verfahrens ist die Relativbewegung zwischen den Werkstücken nur kraftgesteuert. Hier wird zur Erzeugung des technischen Nullspalts eines der Werkstücke mit Hilfe eines Anpresselements mit vorgegebener, einstellbarer Anpresskraft (F_{ziel}) gegen das anderen Werkstück
- 20 gepresst. Nachfolgend wird die Anpresskraft soweit reduziert, dass sich der gewünschte Ausgasungsspalt einstellt, was in bevorzugter Ausführungsform dadurch erfolgt, dass sich das mindestens eine elastisch verformte Werkstück rückverformt, also im Bereich der Schweißstelle quasi aufstellt und dabei in Anlage mit dem Anpresselement bleibt.

- Bei einer weiteren Ausführungsvariante des Verfahrens sind mindestens zwei verlagerbare Anpresselemente vorgesehen, die in einem Abstand voneinander angeordnet und jeweils einem der
- 30 Werkstücke zugeordnet sind. Der Nullspalt und der Ausgasungsspalt können hier dadurch erzeugt werden, dass beide Anpresselemente aufeinander zu beziehungsweise voneinander weg bewegt werden. Auch hier erfolgt die Erzeugung des Nullspalts mittels Kraftsteuerung der Anpresselemente und die Erzeugung es
- 35 Ausgasungsspalts durch Wegsteuerung der Anpresselemente. Alternativ kann vorgesehen sein, dass zur Erzeugung des

Nullspalts oder des Ausgasungsspalts lediglich eines der beiden verlagerbaren Anpresselemente relativ gegenüber dem anderen Anpresselement verlagert wird, während beim Erzeugen des jeweils anderen Spalts wieder beide Anpresselemente bewegt werden.

Besonders bevorzugt wird eine Ausführungsform des Verfahrens, bei der der Ausgasungsspalt eine Höhe aufweist, die im Bereich von 0,1 mm bis 1 mm liegt. Als besonders vorteilhaft haben sich beim Schweißen von beschichteten Werkstücken, insbesondere Blechen, wie sie im Karosseriebau verwendet werden, Spalthöhen im Bereich von etwa 0,1 mm bis 0,3 mm herausgestellt. Die Höhe des Ausgasungsspalts wird vorzugsweise in Abhängigkeit mindestens eines Parameters, beispielsweise des Werkstückmaterials und/oder der -dicke, sofern vorhanden der Art der Beschichtung der Werkstücke und dergleichen, eingestellt.

Weiterhin wird eine Ausführungsform des Verfahrens bevorzugt, die sich dadurch auszeichnet, dass zum Erzeugen eines Spalts zwischen den zu verschweißenden Werkstücken, von denen vorzugsweise zumindest eines ein Blechteil ist, die Werkstücke an der Schweißstelle kraftfrei aufeinander gelegt werden, wobei die Höhe des Spalts -vorzugsweise ausschließlich- durch material- und/oder herstellbedingte Ungenauigkeiten der Werkstücke bestimmt wird. In diesem Zusammenhang wird unter "kraftfreies aufeinanderlegen" der Werkstücke verstanden, dass diese nicht aneinander gepresst werden, sondern dass nur das Eigengewicht des oberen Werkstückes auf das untere Werkstück wirkt. Es hat sich gezeigt, dass bei zwei lose (kraftfrei) aufeinandergelegten Blechen mit jeweils einer Dicke im Bereich von etwa 0,7 mm bis 1,5 mm ein Spalt mit einer Höhe von mehreren 1/10 Millimeter zwischen den Blechen bleibt. Dieser Spalt ist bei beschichteten Blechteilen ausreichend hoch, um beim Schweißen auftretende Dämpfe und Gase, die durch das Verdampfen der Beschichtung im Bereich der Schweißstelle

entstehen, entweichen zu lassen. Die Werkstücke weisen vorzugsweise zumindest im Bereich der Schweißstelle keine als Abstandshalter zwischen den Werkstücken dienende Vorsprünge, Erhebungen oder dergleichen auf und müssen auch nicht mittels Abstandshalter (Spreizmittel) voneinander beabstandet werden, um einen Ausgasungsspalt zu erzeugen. Eine exakte Einstellung der Höhe des Ausgasungsspalts erfolgt in der oben genannte Weise erst dann, nachdem zunächst mindestens ein Mal ein technischer Nullspalt zwischen den Werkstücken erzeugt und das Anpresselement anschließend um einen definierten Weg von der Schweißstelle abgehoben/zurück gezogen beziehungsweise die Anpresskraft um einen vorgegebenen Wert reduziert wurde.

Schließlich wird eine Ausführungsform des Verfahrens bevorzugt, bei der die zu verschweißenden Werkstücke mittels energiereicher Strahlung miteinander verschweißt werden. Die hier Anwendung findenden Schweißverfahren sind zum Beispiel das Laserstrahl-, das Elektronenstrahl- oder das Plasmaschweißen. Vorzugsweise wird mit kontinuierlicher Strahlung geschweißt, das heißt, die Strahlung bleibt auch dann noch auf die Schweißstelle gerichtet, nachdem der technische Nullspalt zwischen den Werkstücken erzeugt wurde. Durch das Aufbringen der Strahlung bei geschlossenem Spalt (Nullspalt) steigt der Druck im Bereich der Schweißstelle durch die auftretenden Dämpfe und Gase, die nicht entweichen können, an. Bevor jedoch Schmelzauswürfe auftreten, wird der Ausgasungsspalt erzeugt. Die Zeitdauer, wie lange der Nullspalt maximal aufrecht erhalten werden kann, ist beispielsweise empirisch ermittelbar.

Bei stationärer Spanntechnik kann das Spannelement auch zuerst den Nullspalt erzielen und dann weggesteuert den Ausgasungsspalt. Erst danach wird die energiereiche Strahlung (Laserstrahl) eingeschaltet und geschweißt.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist besonders vorteilhaft beim Schweißen von eine Beschichtung mit niedriger

Verdampfungstemperatur aufweisenden Blech-/Stahlteilen, beispielsweise mit Zink beziehungsweise einer Zinklegierung beschichteten Karosserieblechteilen einsetzbar.

- 5 Weitere vorteilhafte Ausführungsformen des Verfahrens ergeben sich aus Kombinationen der in den Unteransprüchen genannten Merkmale.

- 0 Zur Lösung der Aufgabe wird ferner eine Einrichtung zum Schweißen von Werkstücken, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11 vorgeschlagen, die die Merkmale des Anspruchs 12 aufweist. Sie umfasst mindestens ein oszillierend verlagerbares, mit mindestens einem, mit einem der zu verschweißenden Werkstücke zusammenwirkendes
- 5 Anpresselement zum Erzeugen eines Nullspalts zwischen den Werkstücken und zeichnet sich durch eine Regeleinheit zur kraftgesteuerten und/oder weggesteuerten Einstellung der Oszillationsbewegung des Anpresselements während des Schweißprozesses aus.

- 10 Die Kraft, mit der das Anpresselement an das Werkstück gepresst wird, und der Weg, den das Anpresselement zumindest bei der Erzeugung des Ausgasungsspalts zurück gezogen wird, werden entweder mittels ein und desselben Sensors oder mittels jeweils eines Sensors erfasst und der Regeleinheit übermittelt.

Weitere vorteilhafte Ausführungsbeispiele der Einrichtung ergeben sich aus Kombinationen der in den Unteransprüchen genannte Merkmale.

- 30 Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

- 35 Figuren jeweils einen Ausschnitt eines Ausführungsbeispiels 1A bis 1E der erfindungsgemäßen Einrichtung zum Schweißen von

Werkstücken, nämlich ein Anpresselement in verschiedenen Positionen;

Figur 2 ein Diagramm, in dem die Anpresskraft des in Figur 1 dargestellten Anpresselements und dessen zurückgelegter Weg während des Schweißprozesses über der Zeit aufgetragen sind und

Figuren jeweils einen Ausschnitt eines zweiten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Einrichtung zum Schweißen von Werkstücken.

Figur 1A bis 1E zeigen jeweils einen Ausschnitt eines Ausführungsbeispiels einer Einrichtung 1 zum Schweißen von Werkstücken 3 und 5, die hier von Karosserieblechteilen gebildet sind, von denen mindestens eines beschichtet ist, beispielsweise mit Zink. Die Werkstücke 3 und 5, die einander im Bereich der Schweißstelle 6 überlappen, sind hier parallel zu einer gedachten Horizontalen ausgerichtet.

Die Einrichtung 1 umfasst eine nicht dargestellte Strahleinrichtung, beispielsweise Laser- oder Elektronenstrahleinrichtung, mittels derer hochenergetische Strahlung auf die Schweißstelle 6 richtbar ist, und eine Anpresseinrichtung 7, die mit Hilfe geeigneter, nicht dargestellter Mittel bewegbar und auf diese Weise exakt gegenüber der Schweißstelle 6 positionierbar ist. Mittels der Einrichtung 1 kann während des Schweißvorgangs abwechselnd eine technischer Nullspalt und ein Ausgasungsspalt mit definierter Höhe zwischen den Werkstücken 3, 5 ausgebildet werden, worauf nachfolgend noch näher eingegangen wird. Der Aufbau und die Funktion der Einrichtung 1 ist allgemein bekannt, so dass im Folgenden nur einzelne Komponenten und deren Funktion näher beschrieben werden.

Festzuhalten bleibt, dass bei dem in den Figuren 1A bis 1E beschriebenen Ausführungsbeispiel die hochenergetische Strahlung von einer Flachseite der Werkstücke her auf die Schweißstelle aufgebracht wird, das heißt, die Strahlung durchdringt zumindest eines der Werkstücke vollständig und erhitzt dabei das darunter beziehungsweise darüber liegende andere Werkstück.

Die Einrichtung 1 kann sowohl zum punktuellen Verschweißen der Werkstücke 3, 5 eingesetzt werden als auch zum Erzeugen einer Schweißnaht. Hierzu wird mittels geeigneter Transport- und Positioniermittel entweder die Einrichtung 1 entlang beziehungsweise über die Werkstücke 3, 5 geführt und/oder die Werkstücke 3, 5 an der Einrichtung 1 vorbeibewegt. Dabei kann die hochenergetische Strahlung, beispielsweise Laserstrahl, relativ zur Einrichtung 1 ortsfest angeordnet sein oder mittels einer nicht dargestellten Zusatzeinrichtung mitbewegt werden. Bei dem im Folgenden beschriebenen Verfahren wird davon ausgegangen, dass mittels der Einrichtung 1 eine Schweißnaht erzeugt wird, das bedeutet, dass die Einrichtung 1 hierzu mit Hilfe der nicht dargestellten Transport- und Positioniermittel längs der Schweißnaht bewegt wird.

Bei dem in den Figuren 1A bis 1E dargestellten Ausführungsbeispiel weist die Anpresseeinrichtung 7 ein mit dem oberen Werkstück 3 zusammenwirkendes Anpresselement 9 auf, das hier von einer Anpressrolle gebildet ist. Das Anpresselement 9 ist mit einem Führungsteil 11 gekoppelt, das in einem Aufnahmeteil 13 verschieblich gelagert ist. Das Anpresselement 9 ist also gegenüber dem Aufnahmeteil 13 in Richtung auf das Werkstück 3 und in entgegengesetzter Richtung linear verlagerbar, wie in Figur 1A mit einem Doppelpfeil 15 angedeutet. Die Verlagerungsrichtung 15 des Anpresselements 9 verläuft hier senkrecht zur Außenseite des Werkstücks 3.

Die Anpresseeinrichtung 7 umfasst ferner ein lediglich in Figur 1B mit gestrichelter Linie angedeutetes Gegenelement 17, das gegenüberliegend und in einem Abstand vom Anpresselement 9 angeordnet ist. Das Gegenelement 17, das während des Schweißvorgangs mit dem unteren Werkstück 5 zusammenwirkt, ist gegenüber dem Aufnahmeteil 13 ortsfest fixierbar und dient dazu, beim Anpressen des oberen Werkstücks 3 an das untere Werkstück 5 ein Ausweichen oder Verformen desselben im Bereich der Schweißstelle zu verhindern. Das Aufnahmeteil 13 und das Gegenelement 17 können beispielsweise starr miteinander gekoppelt sein und einen gleichbleibenden Abstand zueinander aufweisen. Sofern das untere Werkstück 5 ausreichend steif ausgebildet ist, kann gegebenenfalls auf das Gegenelement 17 verzichtet werden.

Während des Schweißvorgangs werden zur Herstellung einer Schweißnaht das Aufnahmeteil 13 mit dem daran angeordneten Anpresselement 9 gemeinsam mit dem Gegenelement 17 längs der Schweißnaht bewegt, wie in den Figuren 1A bis 1E mit einem Pfeil 18 angedeutet. Dabei wird das Anpresselement 9 mit Hilfe des Führungsteils 11 relativ gegenüber dem Gegenelement 17 verlagert, worauf im Folgenden noch näher eingegangen wird.

Die Einrichtung 1 weist schließlich noch eine nicht dargestellte Regeleinheit zur kraftgesteuerten und/oder weggesteuerten Einstellung der Oszillationsbewegung des Anpresselements 9 während des Schweißprozesses auf.

Im Folgenden wird das erfindungsgemäße Verfahren anhand eines in den Figuren 1A bis 1E abgebildeten Schweißvorgangs, bei dem die Oszillationsbewegung des Anpresselements 9 abwechselnd kraft- und weggesteuert ist, näher erläutert. In Figur 2 sind der zeitliche Verlauf der Kraft, die dabei mittels dem Anpresselement 9 auf das obere Werkstück 3 aufgebracht wird, mit einer Linie 19 und der zeitliche Verlauf des Wegs, den das Anpresselement 9 dabei relativ gegenüber dem Aufnahmeteil 13

zurücklegt, mit einer Linie 21 aufgetragen. Die Schweißstelle wird während des Schweißvorgangs mit gepulster Strahlung oder vorzugsweise mit kontinuierlicher Strahlung beaufschlagt, wodurch die Werkstücke 3, 5 im Bereich der Schweißstelle zum Schmelzen gebracht werden.

Figur 1A zeigt eine Ausgangsposition A, in der die Werkstücke 3, 5 in dem Freiraum zwischen dem Anpresselement 9 und dem Gegenelement 17 angeordnet sind. Das untere Werkstück 5 liegt am Gegenelement 17 an und wird von diesem abgestützt. Das obere Werkstück 3 ist kraftfrei auf das untere Werkstück 5 abgelegt, das heißt, es wird nicht angedrückt, so dass nur sein Eigengewicht auf das untere Werkstück 5 wirkt. Aufgrund der zumindest im Bereich der Schweißstelle nur sehr geringen Dicke der Werkstücke 3, 5, die bei Karosserieblechen üblicherweise im Bereich zwischen 0,70 mm und 1,50 mm liegt, bildet sich bei aufeinandergelegten Blechen durch material- oder herstellbedingte Ungenauigkeiten ein Spalt S_0 , dessen Höhe mehrere 1/10 Millimeter betragen kann. In Figur 2 ist die in Figur 1A dargestellte Ausgangsstellung mit "A" gekennzeichnet. Es ist ohne weiteres ersichtlich, dass das Anpresselement 9 das obere Werkstück 3 zwar bereits berührt, jedoch noch nicht mit einer Kraft beaufschlagt.

Ausgehend von der Ausgangsposition A (Figur 1A) zur Zeit t_0 wird der Schweißprozess gestartet. Zunächst wird ein technischer Nullspalt zwischen den Werkstücken 3, 5 erzeugt, indem das Anpresselement 9 in vertikaler Richtung soweit nach unten verlagert wird, bis kein Spalt mehr zwischen den Werkstücken 3, 5 besteht und das Werkstück 3 im Bereich der Schweißstelle flächig an dem vom Gegenelement 17 abgestützten Werkstück 5 anliegt, wie in Figur 1B dargestellt. Dabei kann die Schweißstelle bereits jetzt mit der hochenergetischen Strahlung beaufschlagt sein. Die Verlagerung des Anpresselements 9 ist in dieser Phase des Schweißvorgangs ausschließlich kraftgesteuert, das heißt, die vom

Anpresselement 9 auf das obere Werkstück 3 ausgeübte Anpresskraft wird solange gesteigert, bis sie zur Zeit t_1 so groß ist, dass die Werkstücke im Bereich der Schweißstelle flächig aneinander liegen und somit die Verlagerungsbewegung des Anpresselements 9 nahezu beendet ist. Dieser Punkt ist in Figur 2 mit "B" gekennzeichnet.

Im nächsten Schritt wird nun die Anpresskraft weiter gesteigert, bis sie einen vorgegebenen Wert F_{Ziel} erreicht, was zur Zeit t_2 erfolgt. Dieser Punkt der Kraftsteuerung ist in Figur 2 mit "C" gekennzeichnet.

Die Anpresskraft F_{Ziel} wird dann eine einstellbare Zeitdauer ($t_3 - t_2$) bis zum Zeitpunkt t_3 aufrechterhalten. In dieser Zeit werden die Werkstücke 3, 5 soweit erhitzt, dass deren Beschichtungen zu verdampfen beginnen. Dadurch, dass zwischen den Werkstücken 3, 5 kein Spalt, also ein Nullspalt besteht, können die entstehenden Dämpfe nicht entweichen und der Druck beginnt zu steigen. Die Zeitdauer, in der ein Nullspalt zwischen den Werkstücken besteht, wird so eingestellt, dass der Dampfdruck noch nicht so groß ist, dass ein Schmelzauswurf auftritt.

Im nächsten Schritt wird nun durch Wegsteuerung ein definierter Ausgasungsspalt S_A zwischen den Werkstücken 3, 5 erzeugt, damit die beim Schweißvorgang auftretenden Gase und Dämpfe entweichen können. Dies erfolgt durch Wegsteuerung des Anpresselements 9, das um einen vorgegebenen Weg Δz zurückgezogen wird, das heißt, sein Abstand zum Gegenelement 17 wird um den Weg Δz vergrößert. Das Zurückziehen erfolgt hier durch eine Verlagerung des Anpresselements 9 in vertikaler Richtung nach oben bis in die in Figur 1C dargestellte Position. Der Ausgasungsspalt S_A bildet sich beim Zurückziehen des Anpresselements 9 dadurch, dass das beim Andrücken an das untere Werkstück 5 elastisch verformte obere Werkstück 3 sich nun aufgrund seiner federelastischen Eigenschaften

zurückverformt, wobei es in Anlage mit dem Anpresselement 9 bleibt, wie in Figur 1C dargestellt. Zum Zeitpunkt t_4 ist der Ausgasungsspalt S_A hergestellt, dessen Höhe gleich groß ist wie der Weg Δz , den das Anpresselement 9 zurückgezogen wurde. Dieser Punkt ist in Figur 2 mit "D" gekennzeichnet. Aus Figur 2 ist ohne weiteres ersichtlich, dass sich durch das Zurückziehen des Anpresselements 9 auch die auf das obere Werkstück 3 ausgeübte Kraft auf einen entsprechend kleineren Wert verringert, der in bevorzugter Ausführungsform größer Null ist. Das bedeutet, dass das Anpresselement 9 nicht vom oberen Werkstück 3 abgehoben wird, wodurch sich nämlich ein Ausgasungsspalt mit undefinierter Höhe bilden würde. Das obere Werkstück 3 wird vom Anpresselement 9 also auch dann noch mit einer Kraft, die deutlich kleiner als die Zielkraft F_{Ziel} ist, beaufschlagt, wenn der Ausgasungsspalt S_A erzeugt ist.

Nachdem der Ausgasungsspalt S_A eine einstellbare Zeitdauer ($t_5 - t_4$) bis zum Zeitpunkt t_5 aufrecht erhalten wurde, wird erneut ein Nullspalt hergestellt. Hierzu wird die Verlagerung des Anpresselements 9 wieder kraftgesteuert. Das Anpresselement 9 wird soweit vertikal nach unten verlagert, bis das obere Werkstück 3 flächig an das untere Werkstück 5 angedrückt ist, was zum Zeitpunkt t_6 erfolgt, der in Figur 2 mit "E" gekennzeichnet ist (Figur 1D). Dann wird die Anpresskraft weiter gesteigert, bis sie den vorgegebenen Zielwert F_{Ziel} zum Zeitpunkt t_7 erreicht. Dieser Betriebspunkt ist in Figur 2 mit "F" gekennzeichnet. Die Anpresskraft F_{Ziel} wird bis zum Zeitpunkt t_8 aufrecht erhalten. Dann wird zur wiederholten Erzeugung des Ausgasungsspalts S_A das Anpresselement 9 um den Weg Δz in die in Figur 1E dargestellte Position unter Ausbildung des Ausgasungsspalts S_A zurückgezogen/-verlagert. Der Ausgasungsspalt S_A ist zum Zeitpunkt t_9 hergestellt.

Wie oft während eines Schweißprozesses ein Ausgasungsspalt S_A und ein Nullspalt hergestellt werden, ist vorgebar. Dies kann

beispielsweise von der Art der Beschichtung, der Dicke der Werkstücke und dergleichen abhängig gemacht werden.

Wie oben beschrieben, wird die Anpresseeinrichtung 7 (Aufnahmeteil 13, Anpresselement 9, Gegenelement 17) während des Schweißvorgangs längs der Schweißnaht bewegt, das heißt, die Oszillationsbewegung des Anpresselements 9 ist der translatorischen Bewegung der Anpresseinrichtung 7 überlagert.

Besonders vorteilhaft bei dem anhand der Figuren 1A bis 2 beschriebenen Verfahren ist, dass ein Ausgasungsspalt S_A mit definierter, reproduzierbarer Höhe erzeugt werden kann. In diesem Zusammenhang bleibt festzuhalten, dass die Verlagerung des Anpresselements 9 zur Erzeugung des Ausgasungsspalts S_A weggesteuert und zur Erzeugung des Nullspalts kraftgesteuert wird.

Die oben beschriebene Art der Steuerung der Oszillationsbewegung des Anpresselements 9 weist den Vorteil auf, dass auch bei einer nicht gewollten Lageänderung des zweiten Werkstücks 5 beziehungsweise des Gegenelements 17 und/oder des das Anpresselement 9 haltenden Aufnahmeteils 13 während des Schweißprozesses, die beispielsweise in Folge einer an sich nicht gewünschten Bewegung eines das Aufnahmeteil 13 oder das Gegenelement 17 haltenden Roboters auftreten kann, trotzdem wieder ein Ausgasungsspalt S_A mit gewünschter Höhe erzeugt werden kann, nachdem zuvor der Nullspalt erzeugt wurde. Hierzu wird auf Figur 2 verwiesen, aus der ersichtlich ist, dass nachdem das erste Mal der Ausgasungsspalt S_A erzeugt wurde, das Anpresselement 9 zur Erzeugung des Nullspalts zum Zeitpunkt t_6 um eine Wegstrecke verlagert wurde, die größer als der Weg Δz , den das Anpresselement 9 zuvor zurückgezogen wurde, um erstmals den definierten Ausgasungsspalt S_A zu erzeugen.

Festzuhalten bleibt noch, dass nachdem erstmals der Nullspalt hergestellt ist (Zeitpunkt t_1), das obere Werkstück 3 während des gesamten weiteren Schweißvorgang mittels des Anpresselements 9 kraftbeaufschlagt ist. Mit anderen Worten, die Oszillationsbewegung des Anpresselements 9 mit geringer Amplitude ist der Anpresskraft überlagert, derart, dass die Anpresskraft nicht auf Null absinken kann.

Das erfindungsgemäßen Verfahren ist beispielsweise auch zum Schweißen von hoch- und höchstfesten Materialien einsetzbar. Aufgrund der hohen Qualität der erzeugten Schweißnähte kann die Maßhaltigkeit des aus den verschweißten Werkstücken gebildeten Bauteils und somit dessen Qualität verbessert werden. Das Verfahren ist besonders vorteilhaft im Karosserierohbau zum Verschweißen von beschichteten Stahl- oder Aluminiumteilen einsetzbar.

Wenn das in den Figuren 1A bis 1E dargestellte Werkstück 5 eine ausreichende Steifigkeit aufweist, kann auf das Gegenelement 17 verzichtet werden. Wichtig ist, dass beim Andrücken des oberen Werkstücks 3 mittels des Anpresselements 9 das untere Werkstück 5 nicht oder nur in einem unschädlichen Maß ausweicht beziehungsweise durchgebogen wird. Sollte sich hier das Werkstück 5 während des Schweißvorgangs bewegen, so wird das Anpresselement 9 beim Erzeugen des Nullspalts einfach durch die Kraftsteuerung entsprechend weit nachgeführt beziehungsweise bei Verringerung des Abstands weniger weit verlagert, bis die Anpresskraft ihren Wert F_{Ziel} erreicht.

Sofern beim Schweißen auf das Gegenelement 17 verzichtet werden kann, ist nur eine einseitige Zugänglichkeit der Schweißstelle, nämlich von seitens des Anpresselements 9 her, erforderlich. Hierdurch sind der Bauteilgestaltung mehr Freiheiten gegeben. Außerdem kann der Aufbau der Einrichtung 1 vereinfacht und somit gegebenenfalls deren Kosten verringert werden.

In bevorzugter Ausführungsform der Einrichtung 1 ist vorgesehen, dass die hochenergetische Strahlung von der Seite auf die Schweißstelle aufgebracht wird, auf der sich auch das Anpresselement 9 befindet.

5 Figuren 3A bis 3E zeigen ein weiteres Ausführungsbeispiel der Einrichtung 1 in verschiedenen Funktionsstellungen. Gleiche Teile sind mit gleichen Bezugszeichen versehen, so dass
10 insofern auf die Beschreibung zu den vorangegangenen Figuren verwiesen wird. Die Anpresseinrichtung 7 weist ein erstes Anpresselement 9A und ein zweites Anpresselement 9B auf, die
15 beide nacheinander mit dem oberen Werkstück 3 zusammenwirken. Die hier jeweils als Anpressstift ausgebildeten Anpresselemente 9A, 9B sind an einem gemeinsamen Führungsteil 11 angeordnet,
20 das in einem Aufnahmeteil 13 verschieblich gelagert ist. Das Anpresselement 9A ist beweglich am Führungsteil 11 angeordnet, während das zweite Anpresselement 9B starr, also unbeweglich am Führungsteil 11 angebracht ist. Das erste Anpresselement 9A ist
25 mit einem in einer Ausnehmung 23 geführten Kolben 25 verbunden, der auf seiner dem Anpresselement 9A abgewandten Seite eine Kolbenstange 27 aufweist, die wiederum in einer
Durchgangsöffnung 29 im Führungsteil 11 geführt ist.

In Figur 3A ist der Kolben 25 in eine untere End-/Anschlagstellung verfahren, in der er an einem am Boden 31 der Ausnehmung 23 angeordneten Anschlagelement 33 anliegt. Das
30 erste Anpresselement 9A ist in dieser Stellung -in Richtung der zu einem späteren Zeitpunkt auf die Werkstücke 3, 5 wirkenden Anpresskraft gesehen- um das Maß Δz vor dem zweiten Anpresselement 9B angeordnet. Wie aus Figur 3A ersichtlich, steht das Anpresselement 9A genau um das Maß Δz weiter über die den Werkstücken 3, 5 zugewandte Stirnseite 35 des Führungsteils 11 hervor, als das Anpresselement 9B.

35 Mit der in den Figuren 3A bis 3E dargestellten Einrichtung 1 ist die Relativbewegung zwischen den Werkstücken 3, 5 während

des Schweißvorgangs kraftsteuerbar, was im Folgenden näher erläutert wird.

Figur 3A zeigt eine Ausgangsposition, in der die Werkstücke 3, 5 kraftfrei aufeinander gelegt sind. Dadurch bildet sich zwischen den Werkstücken 3, 5 -wie oben beschrieben- ein undefinierter Spalt S_0 mit einer Höhe von bis zu einigen 1/10 Millimetern. Das Aufnahmeteil 13 befindet sich in einer Gegenüberlage mit dem ersten Werkstück 3. Das erste Anpresselement 9A ist in seine Endstellung verlagert, in der es -in Richtung auf die Werkstücke 3, 5 gesehen- um das Maß Δz über das zweite Anpresselement 9B vorsteht. Bei festgestelltem Aufnahmeteil 13 wird zum Erzeugen des technischen Nullspalts das Führungsteil 11 soweit aus dem Aufnahmeteil 13 herausgefahren, bis das erste Anpresselement 9A an das obere Werkstück 3 anstößt und dieses mit definierter Kraft an das untere Werkstück 5 andrückt (Figur 3B). Das Führungsteil 11 wird nun in dieser Stellung gehalten, während das erste Anpresselement 9A durch eine Verlagerung des Kolbens 25 in vertikaler Richtung nach oben vom Werkstück 3 weggefahren wird. Dabei legt sich das Werkstück 3 aufgrund seiner federelastischen Rückstellkräfte an das zweite Anpresselement 9B an, wodurch der Ausgasungsspalt S_A gebildet wird (Figur 3C). Die Höhe des Ausgasungsspalts S_A ist exakt gleich groß wie der Abstand Δz , den die Anpresselemente 9A, 9B bei in Endstellung verlagertem Anpresselement 9A zueinander aufweisen (Figur 3A).

Bevor nun erneut ein technischer Nullspalt zwischen den Werkstücken 3, 5 erzeugt wird, wird zunächst das zweite Anpresselement 9B vom Werkstück 3 abgehoben, was durch eine Verlagerung des Führungsteils 11 erfolgt (Figur 3D). Dabei bildet sich erneut ein undefinierter Spalt S_0 zwischen den Werkstücken 3, 5, der größer als der Ausgasungsspalt S_A ist. Schließlich wird, wie in Figur 3E dargestellt, das erste Anpresselement 9A wieder vor das zweite Anpresselement 9B gebracht, indem der Kolben 25 gegen das Anschlagelement 33

5 gefahren wird. Nun werden die anhand der Figuren 3A bis 3D beschriebenen Schritte erneut durchgeführt. Wie oft ein definierter Ausgasungsspalt S_A während des Schweißvorgangs hergestellt wird, ist vorgebar und wird beispielsweise in Abhängigkeit der Werkstückdicken, des Materials und dergleichen gewählt.

10 Festzuhalten bleibt, dass aufgrund der mechanischen Kopplung der beiden Anpresselemente 9A, 9B eine Kraftsteuerung der Oszillationsbewegung ausreichend ist, um einen gewünschten Ausgasungsspalt S_A herzustellen, wobei die Kraftsteuerung auch nur zur Erzeugung des technischen Nullspalts eingesetzt wird, während die anschließende Ausbildung des Ausgasungsspalts S_A ausschließlich durch die mechanische Kopplung der beiden
15 Anpresselemente 9A, 9B realisiert ist.

20 Den anhand der Figuren beschriebenen Ausführungsbeispielen der Einrichtung 1 ist gemeinsam, dass während des Schweißvorgangs eine Ausgasungsspalt S_A mit einer einstellbaren Spalthöhe und hoher Genauigkeit reproduzierbar einstellbar ist, ohne dass dazu eines der Werkstücke mit als Abstandshalter dienende Formmerkmale versehen werden muss.

DaimlerChrysler AG

Thoms

17.04.02

5

Patentansprüche

1. Verfahren zum Schweißen von Werkstücken (3,5), insbesondere von beschichteten Werkstücken, bei dem mittels einer
10 Einrichtung (1) zumindest an der Schweißstelle abwechselnd ein Nullspalt und ein in seiner Höhe einstellbarer Ausgasungsspalt (S_A) zum Entweichen der beim Schweißvorgang auftretenden Gase und Dämpfe erzeugt werden, wobei hierzu mindestens ein erstes Werkstück (3) relativ gegenüber einem zweitem Werkstück (5)
15 bewegt wird,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Relativbewegung zwischen den Werkstücken (3,5) kraftgesteuert und/oder weggesteuert wird.
- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass zum Erzeugen eines Ausgasungsspalts (S_A) zwischen den zu verschweißenden Werkstücken (3,5), von denen vorzugsweise zumindest eines ein Blechteil ist, die Werkstücke (3,5) an der Schweißstelle kraftfrei aufeinander gelegt werden, wobei die Höhe des Spalts (S_0) -vorzugsweise ausschließlich- durch material- und/oder herstellbedingte Ungenauigkeiten der Werkstücke (3,5) bestimmt wird.
- 30 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass der Ausgasungsspalt (S_A) eine Höhe aufweist, die im Bereich von 0,1 mm bis 1 mm liegt und vorzugsweise in etwa 0,1 mm bis 0,3 mm beträgt.

35

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass zum Erzeugen des technischen Nullspalts zwischen den
Werkstücken (3,5) an der Schweißstelle mindestens eines der
- 5 Werkstücke (3) mittels wenigstens eines ersten Anpresselements
(9;9A) mit vorgegebener, einstellbarer Anpresskraft (F_{ziel})
gegen das andere Werkstück (5) gepresst wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass das erste Anpresselement (9) um einen vorgegebenen,
einstellbaren Weg (Weg Δz) zurückverlagert wird, nachdem der
technische Nullspalt zwischen den Werkstücken (3,5) erzeugt und
einen vorgebbaren Zeitraum aufrechterhalten wurde, und dass
- 15 dabei der Ausgasungsspalt (S_A) zwischen den Werkstücken (3,5)
-vorzugsweise ausschließlich aufgrund der materialbedingten
Rückstellkräfte des zumindest einen, mit dem Anpresselement (9)
zusammenwirkenden Werkstücks (3)- erzeugt wird.
- 20 6. Verfahren nach Anspruch 4,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass nachdem der technische Nullspalt zwischen den Werkstücken
(3,5) erzeugt und einen vorgebbaren Zeitraum aufrechterhalten
wurde, die Anpresskraft (F_{ziel}) auf einen vorgebbaren Wert
reduziert wird, so dass sich der Ausgasungsspalt (S_A) zwischen
den Werkstücken (3,5) -vorzugsweise ausschließlich aufgrund der
materialbedingten Rückstellkräfte des zumindest einen, mit dem
Anpresselement (9) zusammenwirkenden Werkstücks (3)- erzeugt
wird.
- 30 7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass nach einem vorgebbaren Zeitraum erneut ein technischer
Nullspalt zwischen den Werkstücken (3,5) ausgebildet wird,
35 indem das erste Anpresselement (9;9A) das eine Werkstück (3)

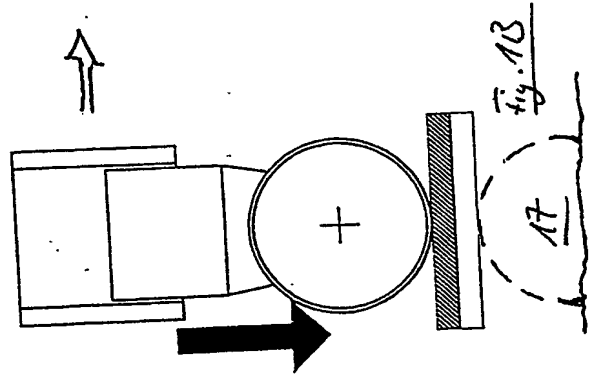
mit vorgegebener, einstellbarer Anpresskraft (F_{ziel}) gegen das andere Werkstück (5) presst.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass nachdem der technische Nullspalt zwischen den Werkstücken
(3,5) erzeugt und einen vorgebbaren Zeitraum aufrechterhalten
wurde, das erste Anpresselement (9A) soweit zurückverlagert
wird, dass ein zweites Anpresselement (9B) -in Richtung der
10 Anpresskraft (F_{ziel}) gesehen- vor dem ersten Anpresselement
(9A) und mit vorgegebenen Abstand gegenüber dem Nullspalt
angeordnet ist, an das sich das zuvor mit dem ersten
Anpresselement (9A) zusammenwirkende Werkstück (3) unter
Ausbildung des Ausgasungsspalt (S_A) anlegt beziehungsweise
15 angelegt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass nach einem vorgebbaren Zeitraum erneut ein technischer
20 Nullspalt zwischen den Werkstücken (3,5) ausgebildet wird,
indem das erste Anpresselement (9A) -in Richtung der
Anpresskraft (F_{ziel}) gesehen- um einen der Höhe des
gewünschten Ausgasungsspalt (S_A) entsprechenden Abstand (Δz)
vor das zweite Anpresselement (9B) gebracht und dann beide
Anpresselemente (9A,9B) unter Beibehaltung ihres Abstands (Δz)
zueinander in Richtung auf die Werkstücke (3,5) soweit bewegt
werden, dass das erste Anpresselement (9A) das eine Werkstück
(3) mit vorgegebener, einstellbarer Anpresskraft (F_{ziel}) gegen
das andere Werkstück (5) presst.

30 10. Verfahren nach einem Ansprüche 1 bis 9,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass während des Schweißprozesses mindestens einmal ein
Nullspalt und ein Ausgasungsspalt (S_A) zwischen den Werkstücken
35 (3,5) gebildet wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass die zu verschweißenden Werkstücke (3,5) mittels
energiereicher, vorzugsweise kontinuierlicher Strahlung
5 miteinander verschweißt werden.
12. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der
Ansprüche 1 bis 11, die mindestens ein oszillierend
verlagerbares, mit mindestens einem der zu verschweißenden
10 Werkstücke (3,5) zusammenwirkendes Anpresselement (9;9A,9B) zum
Erzeugen eines Nullspalts zwischen den Werkstücken (3,5)
aufweist,
gekennzeichnet durch
eine Regeleinheit zur kraftgesteuerten und/oder weggesteuerten
15 Einstellung der Oszillationsbewegung des Anpresselements
(9;9A,9B) während des Schweißprozesses.
13. Einrichtung nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet,
20 dass die Regeleinheit mindestens einen Sensor zur Ermittlung
der Anpresskraft des Anpresselements (9) an das Werkstück (3)
und/oder des Verlagerungswegs des Anpresselements (9) aufweist.
14. Einrichtung nach Anspruch 12 oder 13,
gekennzeichnet durch
mindestens zwei mechanisch miteinander gekoppelte
Anpresselemente (9A,9B).
15. Einrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14,
30 dadurch gekennzeichnet,
dass das Anpresselement (9;9A,9B) mit mindestens einem der
Werkstücke (3,5) kraftschlüssig oder formschlüssig koppelbar
ist.



14/06/11

1 4

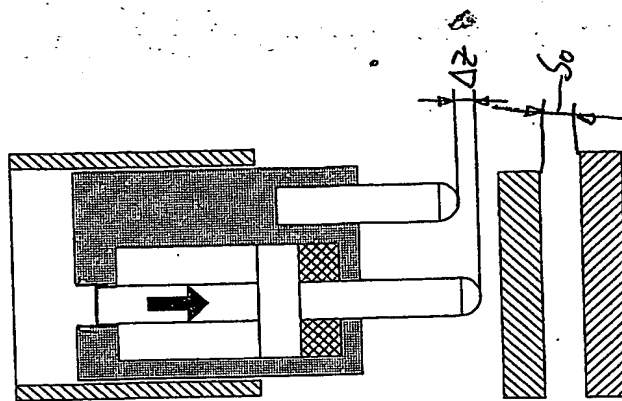


Fig. 3E

1 4

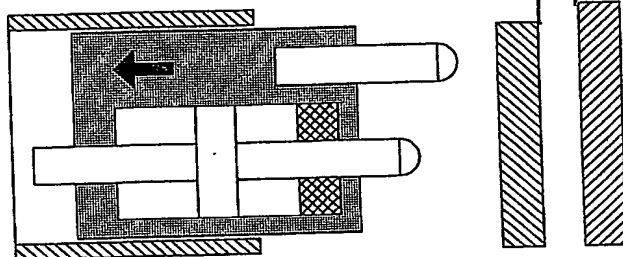


Fig. 3D

1 4

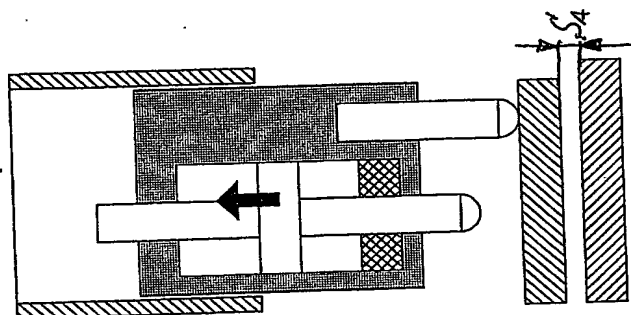


Fig. 3C

1 4

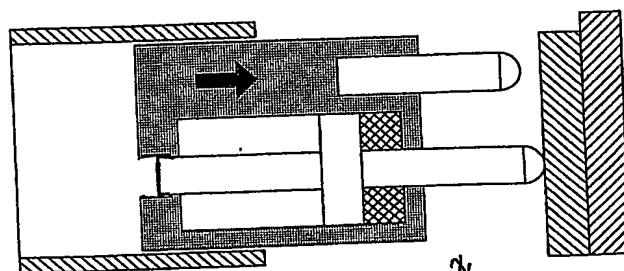


Fig. 3B

1 4

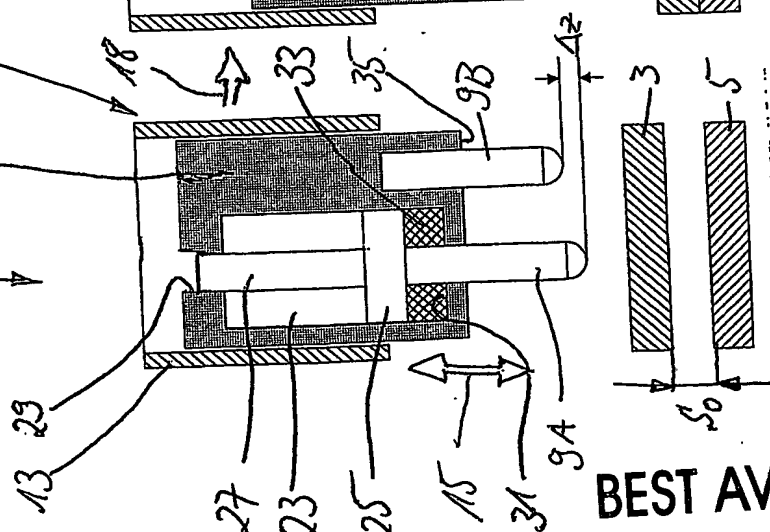


Fig. 3A

BEST AVAILABLE COPY

DaimlerChrysler AG

Thoms
17.04.02

5

Zusammenfassung

Es werden ein Verfahren zum Schweißen von Werkstücken,
10 insbesondere von beschichteten Werkstücken, und eine
Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens vorgeschlagen.
Mittels der Einrichtung kann zumindest an der Schweißstelle
abwechselnd ein Nullspalt und ein in seiner Höhe einstellbarer
Ausgasungsspalt zum Entweichen der beim Schweißvorgang
15 auftretenden Gase und Dämpfe erzeugt werden, wobei hierzu
mindestens ein erstes Werkstück relativ gegenüber einem zweitem
Werkstück bewegt wird. Das Verfahren zeichnet sich dadurch aus,
dass die Relativbewegung zwischen den Werkstücken
kraftgesteuert und/oder weggesteuert wird.

20

(Figur 2)

0324/ DC/1

